Pflanzenschutz Berichte

Herausgegeben von der

Bundesanstalt für Pflanzenschutz Wien

Schriftleiter:
Dr. FERDINAND BERAN, Wien

XXII. Band, 1959, Heft 8/9

INHALT

Im Selbstverlag der Bundesanstalt für Pflanzenschutz

Wien

PFLANZENSCHUTZBERICHTE

HERAUSGEGEBEN VON DER BUNDESANSTALT FÜR PFLANZENSCHUTZ
DIREKTOR DR. F. BERAN
WIEN II., TRUNNERSTRASSE NR. 5

OFFIZIELLES PUBLIKATIONSORGAN DES ÖSTERREICHISCHEN PFLANZENSCHUTZDIENSTES

XXII. BAND	MAI 1959	Heft 8/9

(Aus der Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien und dem Pharmakognostischen Institut der Universität Wien)

Untersuchungen zur Frage einer chemischen Bekämpfung des Sumpfschachtelhalmes *(Equisetum palustre L.)* und deren Auswirkung auf die Fütterung

Von

Hans Neururer, Max Wichtl und Ulrich Creuzburg*)

A. Einleitung und Problemstellung

Den Anlaß zur Durchführung vorliegender Versuche gab eine im südöstlichen Teil Österreichs, in der Oststeiermark durchgeführte Kommassierung. Im Verlauf der Grundzusammenlegung erhielt ein Landwirt die im Talboden mit zahlreichen Sumpfschachtelhalmen durchsetzte Grünlandfläche. Während vorher dieselbe Fläche stark parzelliert von zahlreichen Besitzern bewirtschaftet wurde, stand sie nunmehr einem einzigen Landwirt als Heu- und Grünfutterlieferant für seinen Rinderstall zur Verfügung. Das Heu, welches von den betreffenden Feldern stammte, wurde als minderwertiges Roßheu bezeichnet, und vorwiegend an Pferde verfüttert, bei denen keinerlei Störungen auftraten. Erst als nach der Kommassierung längere Zeit hindurch das mit Sumpfschachtelhalmen durchsetzte Futter auch den Rindern verabreicht wurde, traten langanhaltende Sterilität (auch bei künstlicher Besamung), Abfall in der Milchleistung, chronische Diarrhöe, hartnäckige Indigestionen und schließlich tetanusähnlicher Exitus auf. Die Tiere zeigten ein struppiges Haarkleid, verweigerten zeitweise die Futteraufnahme und verloren ständig an Gewicht. Eine Heuanalyse ließ schließlich den bisher in dieser Gegend nicht beachteten Sumpfschachtelhalm als tatsächliche Ursache der beklagten Erscheinungen erkennen.

---

*) Pflanzenschutzreferent der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark.

Als toxische Bestandteile des Sumpfschachtelhalmes werden, abgesehen von einigen Ausnahmen (Cerny 1934), allgemein Alkaloide angesehen. Das Hauptalkaloid von *Equisetum palustre* wurde erstmals von Glet und Mitarbeitern (1936) isoliert, wenn auch noch nicht in ganz reiner Form. Bei der neuerlichen Bearbeitung der Inhaltsstoffe des Sumpfschachtelhalmes fanden Karrer und Mitarbeiter (1948, 1953) neben dem als Hauptalkaloid anzusprechenden Palustrin (auch als Equisetin bezeichnet) noch das Nebenalkaloid Palustridin und andere Pflanzenbasen wie Nicotin und wahrscheinlich 3-Methoxypyridin; das Vorkommen weiterer Alkaloide konnte durch papierchromatographische Untersuchungen bewiesen werden, doch sind diese Stoffe noch nicht in reiner Form isoliert worden. Dem Palustrin kommt auf Grund zahlreicher Analysen die Formel $C_{17}H_{31}O_2N_3$ zu. Es handelt sich, wie auch aus Untersuchungen von Wöhlbier (1950) hervorgeht, um eine zweisäurige Base. Die bisherigen Versuche zur Konstitutionsaufklärung (Eugster, Griot und Karrer 1953) ergaben, daß das Palustrin strukturell vermutlich den Piperidinbasen der Lupinangruppe nahestehen dürfte.

Nach Holz (1957) ist *Equisetum palustre* nur für Rinder, nicht aber für Pferde, Schweine, Schafe, Gänse und andere Haustiere giftig. Auch bei Verfüttern von durch Sumpfschachtelhalm durchsetztem Stroh können Rinder Vergiftungserscheinungen zeigen (Wehsarg 1954).

Die Bekämpfung des Sumpfschachtelhalmes bereitete seit jeher große Schwierigkeiten. Sowohl durch Düngung als auch durch Narbenpflege sind keine durchschlagenden Erfolge erzielbar (Wehsarg 1954, Fischer 1951). Holz und Richter (1954) konnten durch MCPA-Spritzung (MCPA = 2-methyl-4-chlorphenoxyessigsäure) der 20 bis 30 cm hohen Sumpfschachtelhalme den Bestand um 54%, durch zusätzliches Walzen um 59% und durch Walzen allein um 16% zurückdrängen. Der nichtbehandelte Teil nahm in derselben Zeit um 13% zu. Durch zusätzliche Beweidung konnte nach Berichten der vorhin genannten Autoren der Schachtelhalmbesatz auf 2 bis 3 Pflanzen/m² reduziert werden, wogegen auf nichtbeweideten Arealen immerhin noch 21 bis 56 Schachtelhalme pro m² anzutreffen waren. Fischer (1951) konnte durch Anwendung von Wuchsstoffmitteln auf Böden mit stauender Nässe gegen Sumpfschachtelhalme keine Erfolge erzielen. Die Wuchsstoffbehandlung soll nach Verästelung, bzw. nach Entfaltung der Wedel stattfinden (Fischer 1951, Holz 1957). Im trockenen Pflanzenmaterial ist das Equisetin lange Zeit unverändert haltbar; aus 8 Jahre lang aufbewahrten, lufttrockenen Sumpfschachtelhalmen wurde praktisch dieselbe Ausbeute an Equisetin erhalten wie aus frischgeernteten (Kern 1957).

Totzke (1931) konnte im Kaltgärverfahren keine Entgiftung des Sumpfschachtelhalmes erreichen. Günther (1933), Kannenberg und Weede (1933) erzielten durch lang andauerndes Warmgärverfahren eine Entgiftung des Futters (zit. nach Holz 1957). Bei höheren Temperaturen über 100° C wird das Equisetin relativ rasch inaktiviert (Holz 1957). Durch MCPA-

Spritzung, 8 Tage vor der Mahd, konnte der Equisetingehalt um 27% und bei einer Spritzung 14 Tage vor der Mahd um 45% gesenkt werden (Holz und Richter 1954, Holz 1957).

B. Eigene Untersuchungen

Die Bundesanstalt für Pflanzenschutz wurde im Jahre 1956 ersucht, in Zusammenarbeit mit dem Pharmakognostischen Institut der Universität Wien und der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark, geeignete Bekämpfungsmaßnahmen für eine totale Ausrottung des trotz der vor mehreren Jahren durchgeführten Entwässerung nicht verschwundenen Sumpfschachtelhalmes zu entwickeln. Bei dem gegenständlichen Gebiet handelt es sich um eine Flußniederung mit zeitlich variiertem, vom Wasserstand des Flusses abhängigen Grundwasserspiegel. Die überwiegend mittelschweren Böden werden als mehrschnittige Dauerwiesen genutzt und nur kleinere Areale dienen dem Ackerbau. Während die Sumpfschachtelhalmpflanzen auf den Ackerflächen vorerst unberücksichtigt blieben, wurde auf den Grünlandflächen sowohl eine rasche Entgiftung des Futters als auch eine vollkommene Ausmerzung der Schachtelhalme durch Anwendung von Herbiziden angestrebt. Mit Rücksicht darauf, daß die Flächen auch stärkeren Besatz von *Ranunculus acer* aufwiesen, mußte ein Bekämpfungsmittel gewählt werden, in dessen Wirkungsspektrum beide Unkräuter lagen. Da aber *Ranunculus acer* bekanntlich im trockenen Zustand unbedenklich verfüttert werden kann, war das Augenmerk nur auf Beeinflussung des Giftgehaltes und Wachstums der Sumpfschachtelhalme zu richten.

a) Alkaloidbestimmung:

Die Bestimmung des Alkaloidgehaltes in *Equisetum palustre* erfolgte im wesentlichen nach Glet (1936); für die Berechnung wurde allerdings nicht das von Glet gefundene Äquivalentgewicht von 275 verwendet, sondern das nach Eugster, Griot und Karrer (1953) für reines Palustrin sich ergebende Äquivalentgewicht von 154·5. Im einzelnen gingen wir folgendermaßen vor:

10 g des luftgetrockneten, feingepulverten Sumpfschachtelhalmes wurden mit 100 g Äther versetzt und nach Zugabe von 1 ml 2-n Natronlauge eine Stunde lang mechanisch geschüttelt. Hierauf wurde Talk und wasserfreies Natriumsulfat zugesetzt und nach gutem Durchschütteln mehrere Stunden zum Absetzen stehen gelassen. Hierauf filtrierten wir durch ein kleines Faltenfilter, das während der Filtration mit einem Uhrglas bedeckt war. 50 g des klaren Filtrates (= 5 g Probe) engten wir auf etwa 15 g ein. Die konzentrierte Ätherlösung wurde quantitativ in einen Scheidetrichter gebracht und mit 5 ml n/10 Salzsäure ausgeschüttelt. Nach Ablassen der wäßrigen Phase wurde noch dreimal mit je 5 ml Wasser ausgeschüttelt. Die vereinigten wäßrigen Phasen wurden mit 2 Tropfen

Methylrotlösung versetzt und die überschüssige Salzsäure mit n/10 Natronlauge zurücktitriert. 1 ml n/10 Salzsäure entspricht 0'01545 g Alkaloide, berechnet als Palustrin.

b) Bekämpfungsversuche:

Am 10. Mai 1957 wurde bei trockener warmer Witterung auf einer mehrschnittigen Wiese mit einem durchschnittlichen Sumpfschachtelhalmbesatz von 30 Pflanzen pro Quadratmeter eine MCPA-Spritzung in einer Aufwandmenge von 1200 g Säureäquivalent/ha, gelöst in 300 Liter Wasser, mittels Feldspritze durchgeführt. Die Bonitierung des Pflanzenbestandes zeigte, daß Gräser Leguminosen und Futterkräuter in relativ günstigem Verhältnis zueinander vorhanden waren, innerhalb der Gruppen aber die minderwertigen Arten überwogen. Der Sumpfschachtelhalm hatte zum Behandlungszeitpunkt in Konkurrenz mit den Untergräsern bereits die Vorherrschaft erlangt. 14 Tage nach der Wuchsstoffbehandlung erfolgte die Mahd. Rotklee und andere breitblättrige Futterkräuter wurden durch die Spritzung wesentlich, Weißklee dagegen nur geringfügig dezimiert. Die Sumpfschachtelhalmpflanzen zeigten eine schwarze Verfärbung und erhöhte Brüchigkeit.

Tabelle 1:

Wirkung der MCPA-Spritzung auf Bestandesdichte der Sumpfschachtelhalmpflanzen

Anzahl der Sumpfschachtelhalme pro Quadratmeter

Vor der Behandlung 10. 5. 1957	14 Tage nach der Behandlung aber vor der 1. Mahd Insgesamt	Davon Neuaustrieb	14 Tage vor der 2. Mahd	Bestandesänderung, Zunahme oder Abnahme in %
14	14	0	16	+ 14'3
31	33	2	18	— 41'9
15	16	1	25	+ 66'7
20	22	2	25	+ 25
77	77	0	22	— 71'4
33	36	3	30	— 9'1

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht hatte die Spritzung auf die Bestandesdichte der Sumpfschachtelhalme keinen nennenswerten Einfluß ausgeübt. Die Hälfte der Parzellenanzahl wies eine Zunahme, die andere Hälfte eine Abnahme der Bestandesdichte auf. In der Zeit zwischen Behandlung und Mahd kam nur eine geringe Anzahl neuer Triebe zum Vorschein. Dieser Umstand ist von großer Wichtigkeit, da bei stärkerem Neuaustrieb innerhalb dieser Zeit die Gefahr einer neuerlichen Verschlechterung des Futters gegeben wäre und durch Einhaltung eines geringeren Intervalles

vermieden werden müßte. Für eine entsprechende Wirkung sind jedoch 14 Tage vor der Mahd als Applikationstermin unbedingt erforderlich.

Über das Verhalten des Alkaloidgehaltes in den Sumpfschachtelhalmpflanzen im Verlauf der Behandlungen gibt Tabelle 2 Aufschluß.

Tabelle 2:

Wirkung einer MCPA-Spritzung auf den Palustringehalt der Sumpfschachtelhalmpflanzen

Probe entnommen		Palustringehalt in % bezogen auf lufttrockene Probe	Abnahme des Palustringehaltes in %
9. 5. 1957	vor d. 1. Behdlg.	0'40	
28. 5. 1957	14 Tage nach der 1. Behandlung .	0'043 (Unbeh. 0'377)	88'5
9. 7. 1957	Neuaustrieb . .	0'275	
20. 8. 1957	14 Tage nach der 2. Behandlung .	0'05 ± 0'001 (Unbeh. 0'44 ± 0'007)	88'6

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, daß durch die MCPA-Spritzung eine weitgehende Entgiftung des Futters eingetreten ist. Nach dem 2. Schnitt wurden die Versuchsflächen mit 300 kg 40er-Kalisalz und 600 kg Thomasmehl/ha gedüngt. Im Herbst kam der Sumpfschachtelhalm nur mehr sporadisch zum Vorschein, so daß eine weitere Behandlung nicht mehr erforderlich war.

Im darauffolgenden Jahr (1958) erfuhr die gesamte Vegetation infolge andauernder Trockenheit eine mehrwöchige Verzögerung. Der Sumpfschachtelhalm trieb verspätet und sehr unregelmäßig aus. Es konnte deshalb keine Auszählung pro Flächeneinheit vorgenommen werden. Ende

Tabelle 3:

Wirkung einer MCPA-Spritzung auf den Palustringehalt des Sumpfschachtelhalmes im 2. Jahr der Behandlung

Probe entnommen		Palustringehalt in % bezogen auf lufttrockene Probe	Abnahme des Alkaloidgehaltes in %
11. 6. 1958	14 Tage nach der 1. Behandlung .	0'025 (unbeh. 0'35)	92'9
20. 7. 1958	Neuaustrieb . .	0'349 (unbeh. 0'396)	11'9
16. 8. 1958	14 Tage nach der 2. Behandlung .	*) Probe nicht auswertbar	
18. 9. 1958	Neuaustrieb . .	0'21 (unbeh. 0'28)	25

*) Pflanzen waren irrtümlich längere Zeit verschlossen unterwegs und deshalb stark verschimmelt.

Mai zeigte die Versuchsfläche zwar einen verminderten, aber nicht zu übersehenden Sumpfschachtelhalmbesatz. Es wurde deshalb am 27. Mai 1958, 14 Tage vor dem ersten Schnitt und am 2. August 1958, ebenfalls 14 Tage vor dem zweiten Schnitt neuerdings eine MCPA-Behandlung in derselben Aufwandmenge wie im Vorjahr durchgeführt. Nach dem ersten Schnitt wurde die Hälfte der bespritzten Fläche mit 250 kg/ha Nitramoncal gedüngt. Der Alkaloidgehalt wurde ähnlich wie im Vorjahr nach jeder Behandlung gesenkt, stieg aber im Austrieb auf eine nicht ungefährliche Höhe wieder an (siehe Tabelle 3).

Die Anzahl der im September 1958 neuerdings auf der behandelten Fläche aufgelaufenen Sumpfschachtelhalme war sehr gering und ließ keine weitere Behandlung als notwendig erscheinen. Eine Auszählung der Sumpfschachtelhalme auf der gespritzten und ungespritzten Fläche ergab folgende Unterschiede (pro Quadratmeter):

Unbehandelte Fläche	Behandelte Fläche
124	1
78	18
39	16
51	5
108	12

Die Gegenüberstellung beider Zahlenkolonnen zeigt, daß durch viermalige MCPA-Spritzung innerhalb von 2 Jahren die Bestandesdichte der Sumpfschachtelhalme wohl sehr stark vermindert wurde; sie konnten aber nicht vollständig ausgemerzt werden.

c) Auswirkung der MCPA-Spritzung auf die Verfütterung sumpfschachtelhalmhältigen Heues:

Im praktischen Fütterungsversuch war zu klären, ob tatsächlich das von behandelten Flächen stammende Heu bedenkenlos verfüttert werden kann, oder ob eventuell doch noch geringfügige Störungen, zumindest bei Milchkühen, zu erwarten sind. Der Besitzer des am Versuch beteiligten Betriebes, ein fortschrittlicher Landwirt, der jahrelang, ohne die Ursache zu kennen, mit Störungen durch Verfütterung von mit Sumpfschachtelhalm durchsetztem Futter im Rinderstall zu kämpfen hatte, stellte sowohl seine persönlichen Erfahrungen als auch seinen gesamten Rinderbestand in den Dienst der Untersuchung. In den nunmehr 2 Jahre hindurch laufenden Beobachtungen konnten folgende Tatbestände einwandfrei ermittelt werden:

1. Das Heu von sumpfschachtelhalmdurchsetzten Flächen, die 14 Tage vor der Mahd eine MCPA-Behandlung erfuhren, wurde anstandslos von den Tieren angenommen, wogegen unbehandeltes Heu häufig verschmäht wurde, obwohl es bedeutend mehr Klee und aromatische Futterkräuter enthielt.

2. Auch nach andauerndem Verfüttern von behandeltem Heu traten keinerlei der eingangs geschilderten Störungen (Verdauungsstörungen, Durchfall, Abmagerung, Rückgang der Milchleistung und Sterilität) auf, wie sie vorher nach mehrmaligen Gaben von unbehandeltem Futter in Erscheinung traten.

Wie genau die Tiere das behandelte vom unbehandelten Futter unterscheiden können, zeigt folgende Begebenheit: Wir wurden plötzlich während der laufenden Fütterungsperiode benachrichtigt, daß die Tiere das behandelte Heu verschmähten. Eine sofort durchgeführte Heuanalyse zeigte, daß ausschließlich unverfärbte Sumpfschachtelhalme, reichlich Klee und wuchsstoffempfindliche Futterkräuter vorhanden waren und demzufolge ein unbehandeltes Futter vorliegen mußte. Die genaue Nachforschung im Betrieb brachte den Irrtum an den Tag, es wurde statt des behandelten ein unbehandeltes Heu verabreicht. Selbstverständlich sind wir uns der Grenzen der Genauigkeit derartig angestellter Versuche bewußt. Es sollten auch keine genaueren Anhaltspunkte über Beeinflussung der Milchleistung, des Fleisch- und Fettansatzes gewonnen werden, sondern es wurde lediglich das auf Gifte des Sumpfschachtelhalmes gut reagierende Rind als Indikator benützt, um auf Grund der bereits bekannten Vergiftungssymptome den Wert und die Auswirkungen des verabreichten Futters ermitteln zu können.

C. Diskussion und Schlußfolgerung

Die Bekämpfung des Sumpfschachtelhalmes, der bisher in Österreich kaum eine Bedeutung erlangte, wurde infolge einer Grundzusammenlegung für zahlreiche Landwirte zu einer der vordringlichsten Aufgaben. Durch längeres Verabreichen von sumpfschachtelhalmdurchsetztem Heu und Grünfutter traten andauernde Störungen im Rinderbestand auf. Mit Rücksicht auf den im Bestand ebenfalls vorkommenden Scharfen Hahnenfuß *(Ranunculus acer)*, wurde unabhängig von den in Deutschland durchgeführten Versuchen (Holz 1957) die Austilgung der Sumpfschachtelhalme durch Spritzung mit MCPA - Mitteln angestrebt. Der Sumpfschachtelhalm reagierte auf eine MCPA-Behandlung (1200 g Säureäquivalent/ha) sehr empfindlich; in wenigen Tagen trat eine Schwarzfärbung der Sprosse ein. Es konnte jedoch nicht vermieden werden, daß die verfärbten oberirdischen Schachtelhalmteile durch die 14 Tage später vorgenommene Mahd in das Futter gelangten. Die Untersuchungen auf Alkaloidgehalt ließ jedoch eine starke Reduktion der giftigen Bestandteile in den behandelten Pflanzen erkennen. Gegenüber den unbehandelten Sumpfschachtelhalmen wiesen die behandelten einen zirka um 88% geringeren Palustringehalt auf. In späteren Fütterungsversuchen erwies sich das Futter der 14 Tage vor der Mahd behandelten Flächen als völlig ungefährlich für Rinder: im Gegensatz zu unbehandeltem Futter wurde das behandelte von den Rindern ohne Zögern angenommen

und es zeigten sich später nicht die bereits eingangs geschilderten Verdauungsstörungen und Vergiftungserscheinungen.

Da der Neuaustrieb nach einer MCPA-Spritzung wieder einen bedenklichen Giftgehalt aufwies und außerdem die Bestandesdichte der Schachtelhalme nur geringfügig vermindert wurde, mußte vor jeder weiteren Mahd neuerdings eine Wuchsstoffbehandlung vorgenommen werden. Innerhalb der zwei Versuchsjahre wurde dieselbe Fläche viermal gespritzt. Dadurch konnte die ursprüngliche Besatzdichte von durchschnittlich 80 Sumpfschachtelhalmen/m² auf ungefähr 10 Pflanzen/m² reduziert werden. Das Ziel einer totalen Ausmerzung konnte jedoch in den beiden Versuchsjahren nicht erreicht werden. Es ergibt sich daher die Frage, was weiterhin gegen den Sumpfschachtelhalm unternommen werden soll? In Norddeutschland, wo die „Duwok"-Bekämpfung seit Jahren ein zentrales Problem darstellt, wurden die Erfolgsaussichten durch Anwendung von Wuchsstoffen vor einiger Zeit noch optimistischer beurteilt (Holz 1957). Nach neuesten Berichten (Holz 1959) wird versucht, durch tiefes Unterschneiden der Schachtelhalme mittels eines pflugartigen Gerätes die Sumpfschachtelhalme auf Weiden zum Vertrocknen zu bringen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß eine Intensivierung des Weidebetriebes, die für eine wirksame und nachhaltige Bekämpfung der Schachtelhalme die Voraussetzung darstellt, auf den wenigsten Betrieben durchführbar ist. Flächen, welche der Heugewinnung dienen, müssen nach Angabe von Holz (1959) vor jeder Mahd eine Wuchsstoffbehandlung erfahren; eine andere Möglichkeit wäre vorläufig nicht gegeben.

Ob jedoch eine Fortsetzung der Wuchsstoffspritzung den Sumpfschachtelhalm auch vollständig zum Verschwinden bringt und ob eine derartige oftmalige Behandlung für den Landwirt, auf die Dauer gesehen, finanziell tragbar ist, erscheint fraglich. Die MCPA-Spritzung dürfte nur als vorübergehende Maßnahme zur Verhütung akuter Störungen im Rinderstall angesehen werden; der Fortbestand der Rinderhaltung kann aber nicht an eine derartig dauernd durchzuführende Bekämpfung geknüpft werden. Es erscheint daher notwendig, daß unbedingt eine totale Ausrottung der Schachtelhalme in möglichst kurzem Zeitraum durch Kombination verschiedener Bekämpfungsmaßnahmen angestrebt wird. Dabei wäre neben der Wuchsstoffanwendung an eine besonders intensive Düngung und womöglich mehrmalige Mahd zu denken. Führt dieser massierte Einsatz von Unterdrückungsmethoden nicht innerhalb weniger Jahre zur vollständigen Ausrottung der Sumpfschachtelhalme, so müßte ein anderer Weg beschritten werden und eventuell eine Umwandlung des Grünlandes in Ackerland in Erwägung gezogen werden, wobei selbstverständlich entsprechend dem betriebswirtschaftlichen Wert der Flächen die erforderliche Meliorierung vorher durchzuführen wäre.

D. Zusammenfassung

Zweijährige Versuche zur chemischen Bekämpfung des Sumpfschachtelhalms *(Equisetum palustre)* auf Dauerwiesen sowie Beobachtungen über das Verhalten der Rinder nach Verabreichen von behandeltem und unbehandeltem Futter erbrachten folgende Ergebnisse:

1. Durch MCPA-Spritzung, jeweils zirka 14 Tage vor der Mahd, konnte eine weitgehende Entgiftung des sumpfschachtelhalmdurchsetzten Futters erzielt werden. Der Alkaloidgehalt (berechnet als Palustrin) der Sumpfschachtelhalme wurde durch die MCPA-Einwirkung (1200 g Säureäquivalent/ha) um durchschnittlich 90% gesenkt. Die Tiere nahmen das von behandelten Flächen stammende Futter ohne Widerwillen auf und zeigten nachher keinerlei Verdauungsstörungen oder Vergiftungserscheinungen.

2. Nach der Mahd wies der Neuaustrieb wiederum einen beträchtlichen Anstieg des Alkaloidgehaltes auf: mit Rücksicht auf die bestehende Gefährdung der Rinder, mußte daher vor jedem Schnitt eine Wuchsstoffspritzung vorgenommen werden.

3. Durch viermalige Behandlung innerhalb von zwei Jahren konnte der Sumpfschachtelhalm zwar stark zurückgedrängt, aber nicht vollständig ausgemerzt werden.

4. Zur Erzielung von Dauererfolgen muß neben der Wuchsstoffanwendung auch den anderen Maßnahmen, die eine grundlegende Änderung des Bestandes herbeiführen können, mehr Beachtung als bisher geschenkt werden.

Summary

Studies on the chemical control of *Equisetum palustre L.*
and its influence to feeding

Two years' trials carried out on the chemical control of *Equisetum palustre* in permanent meadows and observations on the behaviour of cattle after feeding with treated and untreated forage brought the following results:

1. Spraying with MCPA 14 days before mowing caused an essential detoxication of the forage mixed with *Equisetum palustre*. The content of the alkaloid in *E. palustre* was decreased by 90% on the average through the application of MCPA (1200 grams acid equivalent/HA). The animals ate the forage, grown on the treated areas, without disgust and did not show indigestions or symptoms of poisoning afterwards.

2. After mowing the newly sprouting plants of *E. palustre* showed an important increase of the alkaloid content; because of the existing danger for the cattle a herbicidal hormone-spraying had therefore to be carried out before each mowing.

3. With four treatments in two years *E. palustre* could only be suppressed rather important but not completely exterminated.

4. In order to obtain a permanent effect all the other measurements which can induce an essential alteration of the meadow must be considered besides of the application of herbicidal hormones to a greater extent than up to now.

Literatur

Cerny, V. (1934): Diatomeen als Ursache der schädlichen Wirkungen des Schachtelhalmes. Mitt. tschechosl. Akad. Landw. **10**, 469—473.

Eugster, C., Griot, R. und Karrer, P. (1953): Weiteres über die Sumpfschachtelhalmbasen. Helv. chim. Acta **36**, 1387.

Fischer, H. (1951): Erfahrungen bei der Bekämpfung des Sumpfschachtelhalms (Duwock). Gesunde Pflanzen **3**, 153—155.

Glet, E., Gutschmidt, J. und Glet, P. (1936): Das Alkaloid in Equisetum palustre. Z. physiol. Chem. **244**, 229.

Günther, E. (1933): Die Entgiftung des Duwocks. Fortschr. Landw. 8, 177—181.

Holz, W. (1957): Der Alkaloidgehalt des Duwocks (Equisetum palustre L.) nach Wuchsstoffbehandlung und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten zu seiner Bekämpfung. Mitt. a. d. Biolog. Bundesanstalt f. Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 87, 51—58.

Holz, W. (1959): Versuche zur mechanischen Bekämpfung des Duwocks. Vortrag bei der 3. Deutschen Arbeitsbesprechung über Unkrautbekämpfung und -biologie am 5. 3. 1959 in Stuttgart-Hohenheim.

Holz, W. und Richter, W. (1954): Versuche mit Wuchsstoffherbiziden zur Bekämpfung des Duwocks (Equisetum palustre L.) Landw. Forschung **7**, 56—58.

Kannenberg, H. und Weede, H. (1933): Sumpfschachtelhalm-Entgiftung durch Warmvergärung. Deutsch. Landw. Presse **38**, 489.

Karrer, P. und Eugster, C. (1948): Über ein Alkaloid aus Equisetum palustre. Helv. chim. Acta **31**, 1062.

Kern, H. (1957): Die Gifte von Equisetum palustre L. Mitt. a. d. Biol. Bundesanstalt f. Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 87, 49—51.

Toetzke (1931): Über die Verfütterung von duwockhaltigem Gärfutter an Milchvieh. Fortschr. Landwirt **14**, 457.

Wöhlbier, W. und Beckmann, S. (1950): Über die Inhaltsstoffe des Sumpfschachtelhalms. Chem. Ber. **83**, 310.

(Aus dem Institut für Pflanzenschutz der Landwirtschaftlichen Hochschule, Direktor Prof. Dr. B. Rademacher)

Über den Kopulationsvorgang bei Raubmilben aus der Gattung *Typhlodromus* *(Acar., Phytoseiidae)*

Von

Gudo Dosse

Männchen und Weibchen der Raubmilben aus der Gattung *Typhlodromus* lassen sich in lebendem Zustande nur schwer ansprechen, das Hauptunterscheidungsmerkmal liegt in der Größe. Erst nach Anfertigung eines mikroskopischen Präparates sieht man die typischen Kennzeichen der Geschlechter.

Bei den Weibchen finden wir auf der Bauchseite drei von einander getrennte Platten und außerdem im Innern des Körpers auf jeder Seite ein Organ, welches jeweils zwischen dem 3. und 4. Beinpaar aufgehängt ist. Dieses Organ ist in der Literatur bekannt und wird von einigen Autoren bei Artbeschreibungen mitgezeichnet, ohne daß eine Deutung dafür gegeben wird. In der angelsächsischen Literatur hält man es für „coxal glands". Durch eigene Untersuchungen konnte herausgefunden werden, daß es sich hierbei um die Aufnahmebehälter für die Spermatophoren, die Spermathecae handelt. Sie sind bei den einzelnen Arten verschieden gestaltet und können als zusätzliches Bestimmungsmerkmal dienen (Dosse 1958). Untersucht man Deutonymphen und unbefruchtete Weibchen, so findet man nur den Stützapparat mit dem daran befindlichen Beutel, der schlaff und leer in sich zusammengefaltet ist.

Die Männchen zeichnen sich durch anders gebaute Anal- und Sternalplatten aus und vor allen Dingen durch die Ausbildung der Cheliceren. Diese besitzen nicht nur den zweiteiligen Greifapparat, wie er auch bei den Weibchen vorhanden ist, sondern zusätzlich ein bewegliches drittes Glied, den sogenannten Spermatophorenträger. Dieser ist bei den einzelnen Arten spezifisch geformt.

Trotzdem der sogenannte Spermatophorenträger beim Männchen als solcher bekannt ist, fehlt bisher noch jede Unterlage darüber, auf welche Weise die Kopulation vor sich geht. Wie überträgt das Männchen die Spermatophore, und wie gelangt diese in den weiblichen Körper? Darüber besteht bis heute noch völlige Ungewißheit, und es konnte bisher keine Antwort gefunden werden.

Treffen sich zwei kopulationsbereite Partner der Raubmilben, so klettert das Männchen von hinten auf den Rücken des Weibchens, ohne daß dieses irgendwelche Abwehrbewegungen vornimmt. Dann dreht sich das Männchen herum, kriecht auf die Unterseite und klammert sich von unten her so an dem Weibchen fest, daß es auch bei dessen Herumlau-

fen nicht abgeschüttelt wird. Zuerst ist die Haltung beider Tiere vollkommen gerade, nur ragt das Hysterosoma des Männchens ein wenig über das Hinterende des Weibchens hinaus. Doch plötzlich sieht man, daß das Männchen schräg unter dem Weibchen sitzt, und zwar manchmal mit dem Vorderende nach links und dann wieder nach rechts gerichtet. Durch diese Paarungsstellung entzieht es sich der Beobachtung, wie das Männchen seine Spermatophore überträgt. Man sieht nur das eng aneinander geschmiegte Pärchen, kann aber nicht entscheiden, was geschieht.

In unseren Zuchten blieben die kopulierenden Tiere in der geschilderten Art und Weise unterschiedlich lange zusammen. Meist dauerte es viele Stunden, bis sich die Paare wieder trennten. 6 bis 12 Stunden lang haben wir sie mit Sicherheit in der Paarungsstellung gesehen, oftmals aber saßen sie sogar noch am nächsten Tage in dieser Haltung am gleichen Platze. Andererseits haben wir viele Exemplare gefunden, die sich nach kurzer Zeit trennten, um sich bald darauf wieder zusammenzufinden. Dies konnte sich mehrmals wiederholen.

Das verschiedenartige Verhalten der einzelnen Pärchen der gleichen Art warf eine Reihe weiterer Fragen auf: Wie lange dauert es, bis eine Spermatophore in den Körper des Weibchens gelangt? Wird nur eine einzige, oder werden mehrere übertragen?

Um der Lösung der genannten Fragen näher zu kommen, beschritten wir verschiedene Wege. Zunächst zogen wir in Einzeltierversuchen mehrere Typhlodromus-Arten, z. B. *T. tiliae* Oud., *T. zwölferi* Dosse, *T. chilenensis* Dosse, *T. masseei* Nesbitt, und dazu *Phytoseiulus riegeli* Dosse vom Ei bis zur Imago, und zwar in einem Brückenthermostaten bei einer Dauertemperatur von 24 bis 25° C. Auf diese Weise konnten wir mit Weibchen arbeiten, die mit Sicherheit noch nie kopuliert hatten. Jetzt setzten wir Männchen und Weibchen zusammen, die sich auch meist schnell fanden, und die Zeit der Paarungsstellung wurde registriert. Wir trennten die Pärchen zwangsweise nach bestimmten Zeitintervallen, um die Weibchen dann in Polyvinylalkohol - Lactophenol-Gemisch einzulegen und zu untersuchen. Das erste Pärchen jeder Art wurde nach 5 Minuten getrennt, ein anderes nach 10, weitere nach 15, 20, 30 Minuten, einer Stunde und fortan in stündlichem Abstand bis zu 6 Stunden. Nicht immer ließ sich dieser Turnus kontinuierlich einhalten, weil manche Pärchen bereits nach kürzerer Zeit auseinandergingen. Diese erste Versuchsreihe sollte der Feststellung dienen, ob in den von uns als Spermathecae bezeichneten Organen während dieser Zeit der Kopula eine Veränderung stattgefunden hat.

Die Untersuchung der auf diese Weise mit einem Männchen zusammengebrachten Weibchen ergab, daß die Spermatheca, die, wie bereits erwähnt, in unbefruchtetem Zustand nur aus dem Stützapparat und einem leeren, schlaffen Beutel besteht, frühestens 20 Minuten nach Beginn der Paarungsstellung einen anderen Zustand aufwies. Der Beu-

tel war aufgeblasen, und zwischen seinen Schenkeln aufgehängt befand sich ein birnenartig geformtes Gebilde mit einer verdickten Wandung. Nie fanden wir vor 20 Minuten Kopulationsdauer eine gefüllte Spermatheca, während es unter Umständen 30 Minuten und länger dauern konnte. Und zwar war nach dieser Zeit stets nur eine der beiden Spermathecae mit diesem eben geschilderten Gebilde besetzt.

Abb. 1. *Typhlodromus zwölferi* Dosse.
Mit 5 Spermatophoren gefüllte Spermatheca.

In einer parallellaufenden Reihe wurden die gleichen Kopulationsversuche angesetzt, um die Frage zu klären, welche Mindestzeit der Paarungsstellung erforderlich ist, um dem Weibchen eine Eiablage zu ermöglichen. Die Weibchen wurden nach der zwangsweisen Trennung also nicht abgetötet, sondern mit tierischem Futter versehen und bis zur Eiablage einzeln gehalten. Dabei kamen wir zu dem gleichen Ergebnis, daß

eine Paarungszeit von mindestens 20 bis 30 Minuten erforderlich ist, um das Weibchen zu befruchten. Unbefruchtet legen die Weibchen der Raubmilben bekanntlich keine Eier ab.

Nach einer mehrstündigen Paarung fanden wir auch die Spermatheca der anderen Körperseite in der gleichen Weise erfüllt. Je länger die Kopula andauerte, um so praller wurde der Spermatheca-Beutel und umso mehr dieser Gebilde, die wir als Spermatophoren deuteten, fanden sich darin, und zwar die beiden Seiten unterschiedlich stark belegt. Wir stellten bei *T. zwölferi* bis zu fünf in einem Sack fest. Abb. 1 zeigt im Phasenkontrastmikroskop die Aufnahme von einer mehrmals gefüllten Spermatheca. Das Weibchen war nach 24stündiger Kopulation direkt in das Einbettungsgemisch gelegt worden.

Abb. 2. Spermatophoren aus Abb. 1 im polarisierten Licht.

Wie bereits gesagt, sind diese birnenförmigen Spermatophoren mit einer sehr dicken Wand versehen. Mazeriert man die Milben durch Erhitzen in Milchsäure, so werden die gesamten inneren Bestandteile aus dem Tier herausgelöst; es bleiben aber, abgesehen von dem äußeren Chitinskelett im Innern neben anderem die von uns als Spermathecae bezeichneten Organe übrig, die nicht vernichtet werden. Befinden sich darin eine oder mehr Spermatophoren, so bleibt auch die Wand dieser erhalten. Daraus wird der Schluß gezogen, daß die Spermatophore von einer kräftigen Hülle umgeben ist, die chitinöser Natur zu sein scheint, da sie weder durch Hitze noch durch Milchsäure zerstört wird.

Benutzt man eine Polarisationseinrichtung, so erscheint diese verdickte Wand als leuchtende Flecken. Je nachdem die Nikols gekreuzt sind, ist ihre Farbe gelb, blau oder orange. In Abb. 2 ist diese Erscheinung in der Photographie dargestellt. Die Wand muß also doppeltbrechend sein, eine weitere Erklärung kann dafür zur Zeit nicht gegeben werden.

Aus unseren ersten Versuchsreihen geht hervor, welche Zeit für das Männchen unbedingt erforderlich ist, um eine Befruchtung des Weibchens zu gewährleisten. Damit steht aber die Frage nach der Art und Weise der Übertragung der Spermatophore noch völlig offen. Um dies zu klären, zogen wir wieder Einzeltiere auf und brachten jung geschlüpfte Männchen und Weibchen der bereits genannten Raubmilben-

Abb. 3. Männchen von *Phytoseiulus riegeli* mit einer Spermatophore in den Cheliceren.

arten zusammen. Wir ließen die Pärchen 1 bis 2 Stunden beieinander und versuchten dann, sie während der Paarung gemeinsam abzutöten. Sie durch Übergießen mit Alkohol zu fixieren, erwies sich als zwecklos, die Tiere lösten sich sofort. Die gleichen Schwierigkeiten traten bei Verwendung von Carnoy und Bouin auf. Die Tiere in Kopulationsstellung beieinanderzuhalten, erreichten wir am ehesten, wenn wir sie zuerst mit Chloroform betäubten. Es richtet sich wahrscheinlich nach dem Grad der Verhakung, ob es gelingt, ein Pärchen in der Kopula zu fixieren. Nach der Betäubung benutzten wir für diese Versuche Alkohol als Fixierungsmittel, oder wir legten die Milben sofort in das Einbettungsgemisch. Dabei

konnten wir in vielen Fällen den Moment erwischen, wo das Männchen eine Spermatophore zwischen seinen Cheliceren festhält. Wie Abb. 3 zeigt, trägt diese Spermatophore die birnenförmige Gestalt, wie wir sie schon bei der gefüllten Spermatheca gefunden haben. Allerdings besitzt sie noch nicht die dickwandige Hülle und leuchtet im polarisierten Licht noch nicht auf. Sie erscheint im Phasenkontrast wenig ausgebildet und weich. Man muß große Serien dieser Versuche anlegen, da es sehr vom Zufall abhängig ist, ob man das Männchen im richtigen Augenblick abtötet. In der Zeichnung handelt es sich um *Phytoseiulus riegeli.*

Auch bei anderen Tiergruppen vollzieht sich die Kopula durch Übertragung von Spermatophoren in den weiblichen Körper. Manchmal werden diese durch die Genitalöffnung eingeführt, oder wie bei den meisten Spinnen, durch separate Eingänge, die getrennt von der Vagina liegen.

Nach den vorgenommenen Untersuchungen an Raubmilben war anzunehmen, daß die Männchen der Gattung *Typhlodromus* als Eingangspforte für die Spermatophoren nicht die Genitalspalte benutzen würden. Fanden wir doch bei den lebend eingelegten Pärchen die Cheliceren des Männchens immer zwischen den Coxen des 3. und 4. Beinpaares des Weibchens in Richtung auf die Spermatheca. Diese Befunde ließen dort eine besondere Öffnung vermuten. Weitere Prüfungen ergaben jedoch klar, daß dies nicht der Fall ist. Das Männchen führt seine Cheliceren mit der daran hängenden Spermatophore zwischen den Coxen des Weibchens hindurch, bis es seitwärts die halbgeöffnete Genitalspalte erreicht hat, in die es die Spermatophore einschiebt. In vielen Fällen gelang es, Weibchen mit einer Spermatophore in der Genitalspalte zu fixieren. Nach Verbringen dieser Tiere in Milchsäure, der etwas Direkttiefschwarz beigegeben wurde, konnte man diesen Tatbestand bei einer Betrachtung von der Seite her gut feststellen.

Da die in toto eingelegten Tiere trotz der Aufhellung in dem Einbettungsgemisch von diesem Einschieben der Spermatophore uns nur ein grobes Bild vermittelten, beschritten wir noch einen anderen Weg, um den sicheren Nachweis der Einführung der Spermatophore zu erbringen. Und zwar wurden von in Kopula befindlichen Tieren Längs- und Querschnitte angefertigt*).

Nach Abtötung in Chloroform und Verdunsten des Betäubungsmittels wurden die Pärchen mit einem Tropfen Eiweißglyzerin zusammengehalten. Von den verschiedenen ausgeprobten Fixierungsmitteln erwies sich das abgeänderte Gemisch von Bouin nach Duboscq-Brasil als am günstigsten, es dringt besser ein als Carnoy oder Alkohol. Nach mehrmaligem Auswaschen in 80%igem Alkohol wurden die Objekte die Alkoholreihe hinaufgeführt, wobei wir sie je 24 Stunden in den einzelnen Flüssigkeiten

*) Herrn Dr. Willi Rabe, Karlsruhe, danke ich hiermit herzlich für seine wertvolle Mitarbeit bei der Herstellung der mikroskopischen Schnittserien und ebenso meiner technischen Assistentin Fräulein Ursula Krüger für die Anfertigung der Zeichnungen.

beließen. In 96%igem Alkohol wurden sie mit Eosin angefärbt. Aus dem absoluten Alkohol wurden sie in einen Exsikkator unter Evakuierung der Luft für 24 Stunden in Methylbenzoat verbracht, dieses ausgewechselt, und die Objekte für die gleiche Zeit noch einmal darin belassen. Nach dreimaligem Ausspülen in thiophenfreiem Benzol kamen die Milben in ein Paraffin mit dem Schmelzpunkt 60° C und wurden nach 24 Stunden eingebettet.

Ein einwandfreies Bild konnte bei Längsschnitten von 10 µ gewonnen werden, und zwar nach Verwendung von Eisenhämatoxylin nach Heidenheim als Färbemittel. Auf diese Weise gelang es, den Kopulationsvorgang darlegen zu können. In Abb. 4 ist ein Längsschnitt durch *T. zwölferi* dar-

Abb. 4. *Typhlodromus zwölferi*, Längsschnitt. Männchen beim Einführen der Spermatophore.

gestellt. Wir erkennen in der Spermatheca das birnenförmige Gebilde einer Spermatophore. Das Männchen ist gerade dabei, eine zweite, die es in seinen Cheliceren hält, zwischen Coxa III und IV in Richtung auf die Spermatheca zu transportieren. Dieser Schnitt zeigt uns deutlich den

Abb. 5. *Typhlodromus zwölferi*, Längsschnitt. Spermatophore in den weiblichen Körper eingeführt.

Weg der Spermatophore. Abb. 5 bringt den nächsten Schritt zum Ausdruck. Die Cheliceren des Männchens haben die Spermatophore bereits in das Weibchen hineinpraktiziert, und wir sehen, wie der Spermatophorenträger die Spermatophore vor sich hergeschoben hat und dabei weit in den weiblichen Körper eingedrungen ist. Man erkennt auch deutlich das am oberen Rande befindliche Sperma, das sich im mikroskopischen Bild als kleine dunkel gefärbte Punkte abzeichnet.

In einer anderen Schnittserie ist es gelungen, eine mit mehreren Spermatophoren angefüllte Spermatheca zu durchschneiden. Es ergibt sich im Grunde genommen das gleiche Bild, wie in Figur 1 zu sehen ist, nur mit dem Unterschied, daß bei dem Schnitt die Spermatophoren in verschiedenen Ebenen getroffen worden sind.

Der am Beispiel von *T. zwölferi* erläuterte Kopulationsvorgang war bei den anderen anfangs genannten Raubmilben der Gattung Typhlodromus der gleiche, er trifft auch für *Phytoseiulus riegeli* zu.

Aus den vorliegenden Untersuchungen ergibt sich, daß es sich bei den Anhangsorganen zwischen Coxa III und IV im weiblichen Raubmilbenkörper tatsächlich um die Spermathecae handelt. Über den Weg des Spermas und die eigentliche Befruchtung wird später in einem anderen Zusammenhang berichtet.

Zusammenfassung

An Hand verschiedener biologischer Versuchsserien und histologischer Schnitte konnte geklärt werden, in welcher Art und Weise die Männchen der Gattung Typhlodromus ihre Spermatophore in den weiblichen Milbenkörper verbringen. Sie führen ihre Cheliceren mit der daran hängenden Spermatophore zwischen den Coxen III und IV des Weibchens hindurch, um sie dann in die Genitalspalte einzuschieben. Es wurde bewiesen, daß es sich bei den in der angelsächsischen Literatur mit „coxal glands“ bezeichneten Anhangsorganen bei den Weibchen in Wirklichkeit um die Spermathecae handelt.

Summary

It is shown by biological tests and cuts of mite tissue, in which way males of the Typhlodromus species introduce their spermatophores into the females. They carry their cheliceres with the Spermatophore attached to them between coxa III and IV into the genitalopening of the female. It became evident that what in Anglosaxon literature is referred to as „coxal glands“ is, in reality, the spermatheca.

Literatur

Chant, D. A. (1959): Observations sur la famille des *Phytoseiidae*. — Acarologia, I, 11—22.

Dosse, Gudo (1958): Die Spermathecae, ein zusätzliches Bestimmungsmerkmal bei Raubmilben *(Acar., Phytoseiidae)*. — Pflanzenschutzber. **20,** 1—11.

Nesbitt, H. H. J. (1951): A taxonomic study of the *Phytoseiidae* (Family *Laelaptidae)* predaceous upon *Tetranychidae* of economic importance. — Zool. Verh. **12,** 1—64.

Schuster, Robert O. (1957): A new species of *Typhlodromus* from California *(Phytoseiidae: Acarina)*. — Pan-Pac. Ent. **33,** 203—205.

Smith, Leslie M. and Francis M. Summers (1949): The structure and biology of the red spider predator, *„Hypoaspis“ macropilis* (Banks) *(Acarina, Laelaptidae)*. — Proc. Ent. Soc. Wash. **51,** 209—218.

Womersley, H. (1954): Species of the subfamily *Phytoseiidae* (Acarina: *Laelaptidae)* from Australia. — Austr. Journ. Zool. **2,** 169—191.

Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Bundesanstalt für Pflanzenschutz, verantwortlicher Redakteur: Dr. Ferdinand Beran, beide Wien 2., Trunnerstraße 5. Druck: Raiffeisendruckerei Wien 18., Theresiengasse 58